

可接受风险与灾害研究

尚志海^{1,2}, 刘希林^{1,3}

(1. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275; 2. 嘉应学院地理科学与旅游学院, 梅州 514105;
3. 中山大学自然灾害研究中心, 广州 510275)

摘 要: 灾害风险研究的根本目的就是要回答“怎样的安全才是安全”, 可接受风险正是解决这一问题的常用方法, 其是在现有社会、经济、政治和环境条件下人们认为可以接受的潜在损失。从20世纪60年代末开始, 一些国家和地区在生命可接受风险原则和标准上进行了大量探索, 但是灾害可接受风险研究还不多。目前可接受风险的主要研究方法有风险矩阵方法、成本效益分析、生活质量指数和FN曲线图法, 多以定量风险分析为基础。在总结国内外可接受风险研究的基础上, 本文对灾害可接受风险研究进行了展望, 期望通过对生命风险、经济风险和环境风险三种表达形式的探索, 来促进自然灾害可接受风险的综合研究, 应尽快建立符合我国国情的灾害可接受风险标准, 达到灾害风险控制和风险管理的目的。

关 键 词: 可接受风险; 灾害; 研究方法; 标准

1 引言

风险研究是自然灾害研究的一个热点, 2008年11月中国灾害防御协会风险分析专业委员会举行了第三届年会, 会议的主题是“风险分析和危机反应的理论和实践”, 会议出版的论文集反映了我国风险问题研究的部分最新成果^[1]。在灾害风险方面, 学者们的研究主要涉及到危险性、易损性、恢复性、灾害保险和风险区划等, 未有涉及可接受风险的研究。在国际多学科开展的灾害风险研究中, 除了强调自然灾害系统内在机制、风险评估模型、GIS的应用研究外, 越来越关注从社会经济和人文行为等角度对人类接受风险水平开展综合研究^[2]。汪敏等认为, 我国对自然灾害可接受风险的研究尚属空白, 甚至可以说很少有人对该问题有较深入的认识^[3]。

国外从20世纪60年代末就开始研究可接受风险, 1969年Starr在《Science》上发表文章, 通过风险与效益的比较试图回答“怎样的安全才是安全”这一问题^[4], 为可接受风险的研究奠定了基础。目前, 很多国家和地区提出了可接受风险的国家和行业标准, 包括美国、英国、挪威、荷兰等国家^[5-9], 澳大

利亚和香港地区制定了滑坡灾害的可接受风险标准^[10-11]。我国可接受风险的研究刚刚开始, 最早的文献为2000年的《可接受风险的界定方法探讨》^[12]。国内可接受风险研究主要应用在工程安全上面, 包括核电工程^[13]、海洋工程^[14]、大坝工程^[15-16]、建筑工程^[17-18]和油气管道工程^[19-21], 而关于自然灾害的可接受风险研究较少^[22]。2008年5月12日, 中国汶川发生了8级地震, 目前汶川地震灾区正在进行灾后重建, 在重建过程中如何考虑未来灾害发生的风险, 在恢复重建和避免灾难之间寻求平衡, 将是我们面临的重大挑战。可接受风险研究正是这样一个工具, 可以为我们做出合理可行的防灾减灾决策提供科学依据。本文通过对可接受风险定义、原则和标准、研究方法的系统总结, 对我国灾害可接受风险的研究方向进行了展望。

2 可接受风险的含义

国外一直非常关注可接受风险的理论研究, 1976年Lowrance出版了《Of Acceptable Risk: science and the determination of safety》一书, 提出“只

收稿日期: 2009-07; 修订日期: 2009-10.

基金项目: 中山大学三期“211 百人计划”科研配套项目(3226131)。

作者简介: 尚志海(1979-), 男, 河北迁安人, 讲师, 博士研究生, 主要从事环境灾害与风险评价研究。

E-mail: shangzhzh@mail2.sysu.edu.cn

通讯作者: 刘希林(1963-), 男, 湖南新邵人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事地貌灾害过程及评估和预测的科研和教学工作。

E-mail: liuxilin@mail.sysu.edu.cn

有认为一个事物风险可接受时,它才是安全的”^[23],这一概念非常重要并且在安全领域影响深远。1981年 Fichhoff 等的《Acceptable Risk》一书被认为可接受风险研究的起点^[24],风险(包括自然灾害风险)的可接受程度与以下几个因素有关:对风险的认识程度、甘愿冒险的程度、风险的可控程度、灾害是否具有毁灭性以及恐惧心理等。近来,Marszal 指出可接受风险应该处理好道德、法律和经济上的平衡^[25],如图 1 所示。总结发现,可接受风险是一个涉及自然、社会、经济、政治、伦理、心理等各个方面的复杂问题,要综合考虑各种因素的影响。

目前针对灾害可接受风险的理论研究并不多,1994 年 Fell 讨论了滑坡可接受风险^[26],1997 年国际地质科学联合会(IUGS)滑坡工作组下的风险评价委员会定义可接受风险为:社会为了保障一定利益而愿意接受的风险,这种风险能够被合理控制、检查监督,并在可能的情况下进一步降低^[27]。1999 年 Aleotti 指出可接受风险的概念和标准对滑坡灾害风险评价非常重要^[28]。2008 年 Fell 等定义滑坡灾害可接受风险为^[29]:为了生活或工作,社会准备接受的一种风险,任其存在且不考虑对其管理。社会通常不认为进一步减少这种风险的费用是合理的。以上对可接受风险的理解多从风险管理的角度出发,并强调利益与风险间的平衡,但是对其他影响因素考虑不多。2009 年,联合国减灾战略对可接受风险的定义为:一个社会或一个社区在现有社会、经济、政治和环境条件下认为可以接受的潜在损失^[30]。这是可接受风险的最新定义,其考虑的因素更加全面,并且体现了风险的实质是一种潜在损失,可以作为可接受风险的代表性定义。

国内对可接受风险基本理论的研究很少,2000 年岑慧贤等论述了可接受风险的概念及界定方法,认为所谓风险的可接受性,是指社会公众根据主观愿望对风险水平的接受程度^[12]。时振刚等从“影响公众风险认知的因素”和“公众风险决策的特点”两个角度,对核能的风险接受性问题作一些分析^[13]。国内学者主要是在研究国外可接受风险的基础上,针对具体研究领域的可接受风险进行了介绍,大都没有涉及到理论实质及其定义。从国内外文献来看,灾害可接受风险理论研究仍然较少,主要集中在滑坡、地震、洪水三种灾害类型^[31-35],并且无论在其深度和广度上,都有待于做进一步的研究。

3 可接受风险原则及标准

西方国家在可接受风险研究方面开展了很多工作,这些研究以英国健康与安全委员会(Health and Safety Executive-HSE)为代表,20 世纪 80 年代初 HSE 就在核电站周围进行了可接受风险的初步探讨。2001 年 HSE 建立了可忍受风险的总框架^[6],如图 2 所示。可忍受风险(tolerable risk)位于可接受风险(acceptable risk)与不可接受风险(unacceptable risk)之间,这一区域的剩余风险应保持在合理可行尽量低的水平上,即符合 ALARP(As Low As Reasonably Practicable)原则,这一原则被许多国家所采用,也是国际地质科学联合会风险评价委员会提出的可接受风险原则之一。

风险一般包括生命风险(包括个人风险和社会风险)、经济风险和环境风险三大类,其中生命风险可接受标准研究最多。个人风险 (Individual Risk-IR)被定义为永久出现在某一地点且未受保护的个体由于灾害性事件发生而死亡的概率,社会风险 (Societal Risk- SR) 被定义为一次事故中超过一定数量人员死亡的概率^[9]。个人风险通常用个人的年死亡率来表示的,在灾害可接受风险的研究方面,

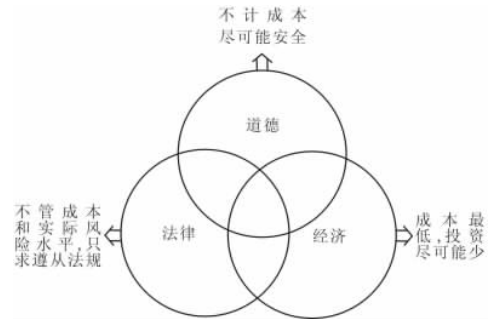


图 1 可接受风险影响因素及其关系^[25]

Fig.1 The relations of the influencing factors of acceptable risk^[25]

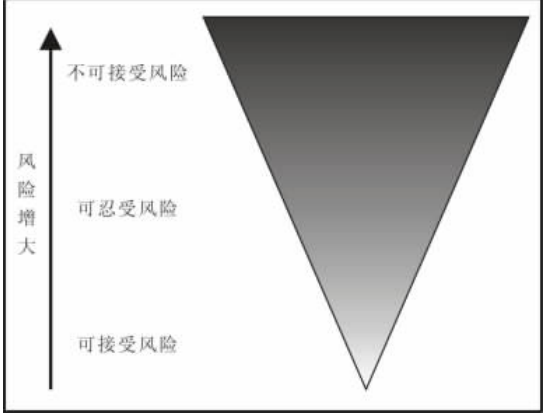


图 2 HSE 的可忍受风险框架^[6]

Fig.2 HSE framework for tolerability of risk^[6](HSE 2001)

典型性研究为澳大利亚的滑坡灾害可接受风险研究。2000 年澳大利亚地质力学学会(Australian Geomechanics Society- AGS) 出版了 “Landslide Risk Management Concepts and Guidelines”,其目的之一就是为生命损失的可接受风险提供信息^[36]。2007 年 AGS 出版了一套指南,对于生命风险 AGS 建议只评价处于高风险中的人群,而不是针对所有普通人群^[37],建议可接受风险和可忍受水平如表 1 所示。

除了澳大利亚外,我国香港地区也制定了滑坡灾害的可接受风险标准。1998 年,香港政府和土工工程处(GEO)联合出版了《Landslides and boulder falls from natural terrain:Interim risk guidelines》的报告^[11],其中对个人风险和社会风险都提出了建议标准,自然滑坡影响下的新建住宅区个人风险的最大允许值为 10^{-5} /年,现有住宅区的最大允许值为 10^{-4} /年。社会风险可接受标准是以 F-N 曲线形式表示的,FN 曲线是由大于或等于一定死亡人数(N)及其累积频率(F)组成的平面图^[10]。在报告中提出了两个社会风险可接受标准,一个是优先标准(图 3),一个是供进一步探讨的可选标准(图 4)。两个标准的区别在于可选标准多了一个可接受区,在优先标准中不可接受风险界线以下的区域都适用 ALARP 原则。两个标准中可忍受风险的上限都为每次事故造成的死亡人数不超过 1000 人,1000~5000 人的区域为严格审查区,此区的设定是为特定类型的开发提供一个可选的余地,这些开发不一定就不可接受但必须根据社会需求接受严格审查。

目前各国和地区普遍使用定量的可接受风险标准,都是建立在风险或后果之上。总结这些标准可以发现,虽然不同国家和地区可接受风险的用途不同,但可接受标准比较相似,个人风险可忍受的最大值在 10^{-4} ~ 10^{-6} /年之间,社会风险的可接受水平多以 FN 曲线来衡量,风险厌恶指数(Risk aversion index)即 FN 曲线斜率多为-1(风险中立-Risk neutral),而 N=1 时最大可忍受风险的截距多为 10^{-3} /年。除了澳大利亚和香港地区外,国内外针对自然灾害制定的可接受风险标准还不多。

4 可接受风险的研究方法

自从 Starr 通过比较方法研究了可接受风险之后^[4],许多学者都在可接受风险的研究方法上进行

探讨。Okrent 总结社会应对“怎样的安全才是安全”的方法有不干涉法、专业标准、法律程序、比较方法、成本效益分析、决策分析和依赖公众感知等^[38],其中比较方法、成本效益分析、决策分析是常用的方法。2003 年 Jonkman 等按照个人风险、社会风险、经济风险和环境风险等不同的表现形式,总结了可接受风险的定量分析方法,并对其进行比较^[33]。这些方法可以为自然灾害可接受风险的研究提供借

表 1 AGS 关于重要性二类建筑物和生命的可接受及可忍受风险的建议^[37]

Tab.1 Recommendations for acceptable and tolerable risk in AGS for Impntance Level 2 Structures and for Life^[37]

| 情景 | 可接受风险 | | 可忍受风险 | |
|-----------|-------|--------------|----------|--------------|
| | 财产风险 | 生命风险 | 财产风险 | 生命风险 |
| 新建边坡或新开发区 | 低或很低 | 10^{-6} /年 | 中等, 低或很低 | 10^{-5} /年 |
| 现有边坡或现开发区 | 低或很低 | 10^{-5} /年 | 中等, 低或很低 | 10^{-4} /年 |

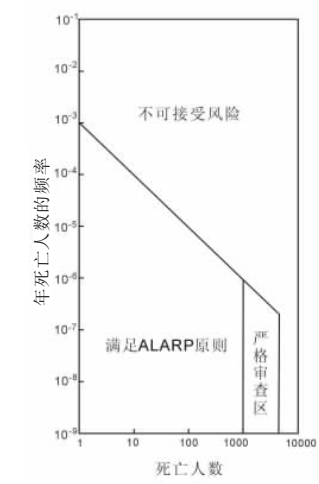


图 3 滑坡灾害社会风险标准^[11](优先)

Fig.3 Societal risk criteria for landslides^[11](Preferred)

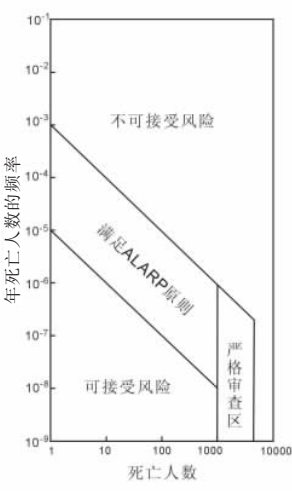


图 4 滑坡灾害社会风险标准^[11](可选)

Fig.4 Societal risk criteria for landslides^[11](Optional)

鉴,有助于促进这一新领域的发展。

4.1 风险矩阵方法

风险矩阵是可接受风险研究中常用的定性方法,其由风险的概率和后果两部分组成,按照概率和后果的大小分级列于表中。风险矩阵方法被澳大利亚地质力学学会所采用,2007 年 AGS 在准确评估风险的可能性和后果的基础上,建立了滑坡灾害的风险矩阵^[37],如表 2 所示。其风险等级的含义是:VH(Very High Risk)和 H(High Risk)为不可接受风险,M(Moderate Risk)为可忍受风险,L(Low Risk)对于管理者来说通常是可接受的风险,VL (Very Low Risk)为可接受风险。

风险矩阵方法的优点在于当获取的数据有限,定量分析可能有误时,使用定性方法能更准确并且便于风险交流。由于其对数据和技术的要求都较低,简单明了且便于应用,可以适用于灾害资料不齐全或编制不完整的地区,对我国目前的可接受风险研究具有较大的借鉴意义。

4.2 成本效益分析

成本效益分析(Cost-benefit Analysis)是从给定的安全措施开始,以金钱的形式比较它们的成本和效益,只要当效益超过成本时就可以采用对应的安全措施^[39]。1980 年 Starr 在《Science》上发表了论文《Risks of Risk Decisions》,对风险与利益之间的关系进行了具体分析^[40],并揭示了可接受风险标准的一般特征:风险存在一个上限(如疾病死亡率)和下限(如自然灾害死亡率),两者之间的区域要进行风险效益的权衡(图 5)。

Bolt 在研究地震灾害时,提出效益-成本比 BCR(Benefit-Cost Ratio)应该作为可接受风险的一个重要生命安全指标^[31],其计算公式如下:

$$BCR=\frac{(LSR)(ECO)(SCF)-(LSRG)(ECO)}{10000(RC)} \quad (1)$$

式中:LSR(Life Safety Ratio),是指重建前每万人中的预期死亡人数;ECO(Equivalent Continuous Occupancy),是指每 24 小时在住所居住的人数;SCF(Seismicity Correction Factor),取决于地震发生率;LSRG(Perspecified Life Safety Goal),是指事先指定的安全目标;RC(Reconstruction Cost),是指为了降低灾害到 LSRG 目标而花费的重建费用。BCR 得到了广泛应用,由于其对 LSR 非常敏感,因此出现了很多变形公式,其中一些公式既考虑了建筑材料也考虑了建筑体系。

成本效益分析是研究可接受风险最早也是最多的方法之一,一般包括评估潜在成本和效益的金钱价值。其中经济成本和效益的评估相对简单易做,但是人员伤亡风险的金钱成本具有争议,因为它意味着给生命一个金钱价值^[41]。由于人的经济价值衡量不可避免,因此妥善解决这一问题成为成本效益分析方法最大的障碍。

4.3 生活质量指数(Life Quality Index, LQI)

可接受风险水平的确定可以陈述为一个经济决策问题,最佳安全水平对应着最低风险,Rackwitz 认为社会最优化问题可用 LQI (Life Quality Index)方法来解决^[42],LQI 最早由 Lind 定义,并于 1997 年 Nathwani 等发展并使用^[43]。 $L=g^we^{1-w}$ (2) 式中:L 为 LQI,g 为人均年国内生产总值,e 为预期寿命,w 为预期寿命中用于工作的比例。人均 GDP 和人口预期寿命,分别代表人们的财富和健康。由于安全成本的增加意味着人均国民生产总值的减少,式(2)可以转化为: $\Delta g \leq \frac{g}{e} \frac{1-w}{w} \Delta e$ (3)

式中:Δg 表示人均国民生产总值的变化,而 Δe 表示预期寿命的变化。当公式左右两边相等时,减轻人员死亡的风险优化措施是最佳的^[44]。2003 年,Pandey 等把 LQI 与许多公共政策的问题和概念结合起来,提出了 LQI 的概念模型^[45](图 6)。近来,德国学者 Rackwitz 对 LQI 进行了颇有成效的研究,其在

表 2 AGS 财产风险矩阵^[37]
Tab.2 AGS risk matrix- level of risk property^[37]

| 概率 | | 财产损失后果(损失费用的近似值) | | | | |
|---------|------------------|------------------|--------------|--------------|-------------|----------------|
| | 年概率的近似值 | 1 灾难 (100%) | 2 重 (60%) | 3 中 (20%) | 4 轻 (5%) | 5 微小 (0.5%) |
| A 几乎肯定 | 10 ⁻¹ | VH | VH | VH | H | M 或 L |
| B 很可能 | 10 ⁻² | VH | VH | H | M | L |
| C 可能 | 10 ⁻³ | VH | H | M | M | VL |
| D 不太可能 | 10 ⁻⁴ | H | M | L | L | VL |
| E 罕见 | 10 ⁻⁵ | M | L | L | VL | VL |
| F 几乎不可能 | 10 ⁻⁶ | L | VL | VL | VL | VL |

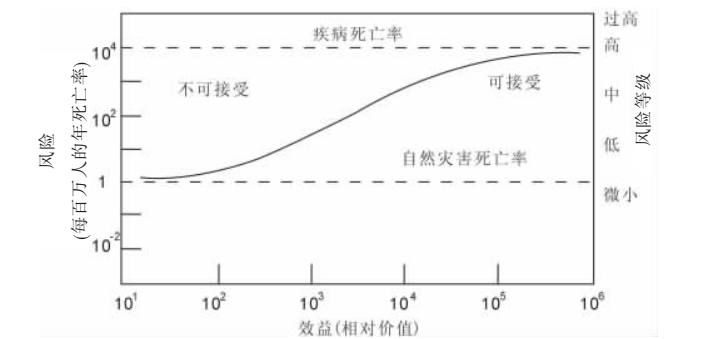


图 5 非自愿暴露危险的风险-效益模式^[40]
Fig.5 Risk-benefit pattern for involuntary exposure^[40]

LQI 的基础上给出了一个合理的可接受标准,并基于现代经济理论对传统 *LQI* 进行了改进,将其应用于地震灾害^[46]、和技术灾害中^[46,47]。

LQI 的概念模型反映了公众关注的三个重要指标,即财富的创造、生命的延续以及享受健康生活的有效时间^[47]。延长健康的生命是每个人的基本需求,因此 *LQI* 是合乎道德和伦理的风险管理指标。高质量的生活,不仅意味着有更长的寿命、更多的财富,还意味着人们有更多的休闲时间。因此, *LQI* 模型在解决生命风险的表达和成本上具有特殊的意义,其以社会功效作为衡量的标准,较好地解决了如何以最低成本获得足够的安全。

4.4 FN 曲线图

总结国外可接受风险的研究可以发现,社会风险最常用的表达方法就是 *FN* 曲线图。*FN* 曲线最早于 1967 年由 Famer 提出并使用^[48],这也是最早的可接受风险标准的定量表达,用于衡量核电厂放射性碘的释放水平。*FN* 曲线是建立在历史数据基础上的,代表了目前的风险状况,曲线斜率越大风险也越大。一般来说,斜率越大,风险厌恶指数(risk aversion index)越高,斜率为-1 的曲线代表风险中立(risk neutral)。

FN 曲线的建立有两种方法,这些方法都是为了明确概率分布的。一是通过过去事件频率的经验数据直接计算得出,二是通过建立和使用概率模型来评估其概率。在实际中,最可行的方法是把经验数据和模型方法混合使用^[49]。在实践中,用 *FN* 曲线衡量可接受风险水平一般包括以下的步骤。第一步,画一条不可接受的标准线,标准线以上区域的风险为不可接受,这条标准线的确定需要两个数值,一是曲线的斜率,二是曲线在竖轴上的截距。曲线的截距代表了死亡事件的累积频率,实际上斜率是由相似的标准来决定的。第二步,画一条可接受风险的标准线,标准线以下区域的风险为可接受风险。两条线之间区域的风险为可忍受风险,但必须在 ALARP 原则下降低。

在荷兰,如果某一活动的社会风险满足下列条件,则认为其是可以接受的^[50]。 $1-F_{N_{ij}}(x)<\frac{10^{-3}}{x}$ (4)
式中: $F_{N_{ij}}$ 为每年 i 活动在 j 地造成的死亡人数, x 要大于等于 10 人。
FN 曲线图的优点在于表现形式,通过图表的

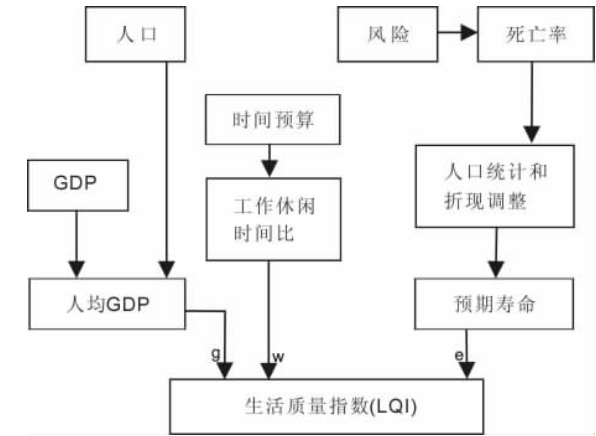


图 6 LQI 的概念模型^[45]
Fig.6 Conceptual Model of the Life Quality Index^[45]

形式明确了不可接受风险、可忍受风险和可接受风险的界限。缺点是由于其需要收集大量而广泛的数据,尤其是目前风险概率难以确定的情况下,限制了其应用范围。由于各国和地区自然环境、社会经济和道德伦理的不同,*FN* 曲线图中参数值的确定也存在着不少困难。

目前,可接受风险研究方法大多基于定量风险分析之上,以个人风险值和 *FN* 曲线图的形式表达。因为是以统计频率和预期价值为基础的,所以只能代表一种最佳估算而多被质疑。况且灾害风险的基础数据资料匮乏,导致评估误差较大。如何基于灾害风险的特性,建立合理的可接受风险评价方法还有待研究。主要的挑战包括不确定性的评价、事件概率的赋值、合理的生命价值、区分客观知识和主观价值及环境破坏的处理等。

5 灾害可接受风险研究展望

灾害风险研究工作已经开展了多年,但基本上没有开展灾害可接受风险的专门研究,如何合理表达风险评价结果并将其与防灾减灾效益紧密结合,必须依靠可接受风险这一工具。目前,对于自然灾害的可接受风险还没有清晰明确的认识。在今后的研究中,可以从以下几个方面开展工作。

(1)灾害可接受风险基本理论研究。从现有文献来看,灾害可接受风险研究仍然很少,在灾害可接受风险的理论认识上也不系统、不完善,没有建立起规范的框架体系,这些都不利于灾害可接受风险研究的顺利开展。今后应明确灾害可接受风险概念的界定,分析灾害可接受风险的影响因素,建立灾

害可接受风险的理论框架,探讨可接受风险与风险管理、风险感知、风险交流和可持续发展的关系。

(2)我国灾害可接受风险标准研究。虽然香港地区的研究可以为国内其他地区灾害可接受风险研究提供良好的借鉴,但可接受风险随着空间和时间而变化,不同的地区对可接受风险的态度不同,即使同一地区其观念也会随着时间而改变。我们在制定我国灾害可接受风险标准时,可以参考自然灾害的年均死亡率,但又不能拘泥于此。就目前我国的情况来说,可以先不考虑“可接受风险水平值是否合适”这一问题,而是先要解决“可接受风险水平有无”的问题,能够为公众提供可以做出决策的最可能的信息基础。

(3)灾害可接受风险评价方法研究。可接受风险的评价内容主要包括生命风险、经济风险和环境风险,对前两种风险的评价研究较多,因此要加强三者的综合研究。虽然不少国家在危险设施、大坝工程、边坡工程等方面都进行了可接受风险研究方法的探讨,但这些方法是否适用于自然灾害风险还有待证明。例如,生命风险中将生命价值转化为货币价值一直就是备受争议的问题,而我们在防灾减灾中的第一要务就是挽救生命,因此如何衡量生命风险需进一步探讨。经济风险中如何体现成本和效益的平衡也是一个难点,尤其是收益的衡量目前也没有可行的方法。

(4)基于可接受风险的风险管理研究。可接受风险研究的直接目的是为了制定合理可行的风险管理措施,最终目的还是为了促进灾害易发区社会经济的可持续发展。目前,汶川地震灾区正在进行灾后重建。Gloant 等指出^[51]：“从已有的证据看,社会可能忽视了减灾的一个重要方面,即阻止重建和恢复到灾前的生活方式,使灾区最好保留在未开发或低开发状态,这一观点看来并不具有代表性。”虽然这一观点有一定的局限性,但我们在灾害重建时不得不考虑未来灾害的风险,将未来灾害的风险水平降低到公众可以接受的范围。

Hunter 等对可接受风险有一段精辟的论述：“确定一个人人都可以接受的风险水平非常困难,但是生活在不可能没有风险的环境里,没有这样一个底线,又怎么可能建立起风险指导值和标准^[7]?”

参考文献

[1] Huang Chongfu, Liu Xilin. Theory and Practice of Risk

Analysis and Crisis Response. Paris: Atlantis Press, 2008: 1-896.

- [2] 赵庆良, 许世远, 王军, 等. 沿海城市风暴潮灾害风险评估研究进展. 地理科学进展, 2007, 26(5): 32-40.
- [3] 汪敏, 刘东燕. 滑坡灾害风险分析研究. 工程勘察, 2001 (2): 1-6.
- [4] Starr C. Social Benefit versus Technological Risk. Science, 1969, 165(3899): 1232-1238.
- [5] Kelly K A, Cardon N C. The myth of 10^{-6} as a definition of acceptable risk. EPA Watch, 1994, 17(3): 4-8.
- [6] HSE. Reducing Risks: Protecting People - HSE's decision making process. London: Her Majesty's Stationery Office, 2001, 21-52.
- [7] Fewtrell L, Bartram J. Water Quality: Guidelines, Standards and Health. London: IWA Publishing, 2001, 207-227.
- [8] Bottelberghs P H. Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands. Journal of Hazardous Materials, 2000, 71(1-3): 59-84.
- [9] Ale B J M. Tolerable or acceptable: A comparison of risk regulation in the United Kingdom and in the Netherlands. Risk Analysis, 2005, 25(2): 231-241.
- [10] ANCOLD. Guidelines on Risk Assessment. Tatura: Australian National Committee on Large Dams, 2003, 24-30.
- [11] ERM-Hong Kong. Landslides and Boulder Falls from Natural Terrain: Interim Risk Guidelines. Hong Kong: Geotechnical Engineering Office, 1998, 1-15.
- [12] 岑慧贤, 房怀阳, 吴群河. 可接受风险的界定方法探讨. 重庆环境科学, 2000, 22(3): 18-19.
- [13] 时振刚, 张作义, 薛澜. 核能风险接受性研究. 核科学与工程, 2002, 22(3): 193-198.
- [14] 李典庆, 唐文勇, 张圣坤. 海洋工程风险接受准则研究进展. 海洋工程, 2003, 21(2): 96-102.
- [15] 肖义, 郭生练, 熊立华, 等. 大坝安全评价的可接受风险研究与评述. 安全与环境学报, 2005, 5(3): 90-94.
- [16] 肖义, 郭生练, 刘攀, 等. 大坝防洪安全风险评估框架及其应用. 武汉大学学报(工学版), 2006, 39(4): 18-24.
- [17] 胡群芳, 黄宏伟. 隧道及地下工程风险接受准则计算模型研究. 地下空间与工程学报, 2006, 2(1): 60-64.
- [18] 郭章林, 贾增科, 李晓慧. 建筑工程施工风险接受准则研究. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2008, 40(1): 76-79.
- [19] 赵忠刚, 姚安林, 赵学芬. 油气管道可接受性风险评估的研究进展. 石油工业技术监督, 2005, (5): 94-98.
- [20] 赵忠刚, 姚安林, 李又绿, 等. 油气管道可接受风险标准值的界定研究. 西南石油大学学报 (自然科学版), 2008, 30(2): 147-150.
- [21] 秦岭, 陈利琼, 陈康. 油气管道风险接受准则. 天然气与石油, 2007, 25(2): 15-17.
- [22] 刘莉, 谢礼立, 葛红. 城市防震减灾能力评价中的可接受风险研究. 世界地震工程, 2009, 25(1): 82-87.

- [23] Lowrance. Of Acceptable Risk: Science and the Determination of Safety. California: William Kaufmann, Inc., 1976, 1-174.
- [24] Fischhoff B, Lichtenstein S, Slovic P, et al. Acceptable Risk. New York: Cambridge University Press, 1981, 1-171.
- [25] Marszal E M. Tolerable risk guidelines. *Isa Transactions*, 2001, 40(4): 391-399.
- [26] Fell R. Landslide risk assessment and acceptable risk. *Canadian Geotechnical Journal*, 1994, 31(2): 261-272.
- [27] Dai F C, Lee C F, Ngai Y Y. Landslide risk assessment and management: An overview. *Engineering Geology*, 2002, 64(1): 65-87.
- [28] Aleotti P, Chowdhury R. Landslide hazard assessment: Summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 1999, 58 (1): 21-44.
- [29] Fell R, Corominas J, Bonnard C, et al. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk-zoning for land use planning. *Engineering Geology*, 2008, 102 (3/4): 85-98.
- [30] United Nations. International Strategy for Disaster Reduction: 2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction[R/OL]. (2009-01-01)[2009-6-1]. <http://www.unisdr.org/publications>.
- [31] Bolt B A. Balance of risks and benefits in preparation of earthquakes. *Science*, 1991, 251(4990): 169-174.
- [32] Werner S D, Dickenson S E, Taylor C E. Seismic risk reduction at ports: Case studies and acceptable risk evaluation. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 1997, 123(6): 337-346.
- [33] Jonkman S N, van Gelder P H A J M, Vrijling J K. An overview of quantitative risk measures for loss of life and economic damage. *Journal of Hazardous Materials*, 2003, 99(1): 1-30.
- [34] Jonkman S N, Kok M, Vrijling J K. Flood risk assessment in the Netherlands: A case study for dike ring South Holland. *Risk Analysis*, 2008, 28(5): 1357-1373.
- [35] 姜树海, 范子武. 大坝的允许风险及其运用研究. *水利水电工程学报*, 2003, 24(3): 7-12.
- [36] AGS. Landslide risk management concepts and guidelines. *Australian Geomechanics*, 2000, 35(1): 1-214.
- [37] AGS. Practice note guidelines for landslide risk management 2007. *Australian Geomechanics*, 2007, 42 (1): 64-114.
- [38] Okrent D. Comment on societal risk. *Science*, 1980, 208 (4442): 372-375.
- [39] Evans A W, Verlander N Q. What is wrong with criterion FN-lines for judging the tolerability of risk? *Risk Analysis*, 1997, 17(2): 157-168.
- [40] Starr C, Whipple C. Risks of risk decisions. *Science*, 1980, 208(4448): 1114-1119.
- [41] Reid S G. Acceptable risk criteria. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 2000, 2(2): 254-262.
- [42] Rackwitz R. Optimization and risk acceptability based on the Life Quality Index. *Structural Safety*, 2002, 24 (2-4): 297-331.
- [43] Nathwani J S, Lind N C, Pandey M D. Affordable Safety by Choice: The life Quality Method. Waterloo, Ontario, Canada: University of Waterloo, 1997, 8-12.
- [44] Nathwani J S, Lind N C, Pandey M D. The LQI standard of practice: Optimizing engineered safety with the Life Quality Index. *Structure and Infrastructure Engineering*, 2008, 4(5): 327-334.
- [45] Pandey M D, Nathwani J S. Canada wide standard for particulate matter and ozone: Cost-benefit analysis using a life quality index. *Risk Analysis*, 2003, 23(1): 55-67.
- [46] Sanchez-Silva M, Rackwitz R. Socioeconomic implications of life quality index in design of optimum structures to withstand earthquakes. *Journal of Structural Engineering*, 2004, 130(6): 969-977.
- [47] Rackwitz R. Optimal and acceptable technical facilities involving risks. *Risk Analysis*, 2004, 24(3): 675-695.
- [48] Farmer F R. Siting criteria—a new approach. *Atom*, 1967, 128: 152-166.
- [49] HSE. Transport Fatal Accidents and FN-curves: 1967-2001. London: Her Majesty's Stationery Office, 2003: 3-4.
- [50] Vrijling J K, van Hengel W, Houben R J. A framework for risk evaluation. *Journal of Hazardous Materials*, 1995, 43 (3): 245-261.
- [51] Gloant S, Burton I. A semantic differential experiment in interpretation and grouping of environmental hazards. *Geographical Analysis*, 1970, 18(2): 120-134.

Acceptable Risk and Disaster Research

SHANG Zhihai^{1,2}, LIU Xilin^{1,3}

(1. School of Geographic Sciences and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

2. School of Geography and Tourism, Jiaying University, Meizhou 514105, Guangdong, China;

3. Natural Disaster Research Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The purpose of disaster risk assessment is to assess “how safe is safe enough?” Acceptable risk is the common method to answer the question which is defined as the level of potential losses that people considers acceptable given existing social, economic, political and environmental conditions. Many countries and regions had a number of explorations on life acceptable risk, but only a few of them were about disaster acceptable risk, and they focused on three types of disaster of landslide, earthquake and flood. According to the risk or its consequence, many countries established quantitative criteria of acceptable risk and most of them were similar. At present the methodology of acceptable risk included risk matrix, cost-benefit analysis, life quality index and FN curves. Risk matrix was based on qualitative analysis and commonly used in the countries lack of data and technology. The three others were based on quantitative analysis, of which cost-benefit analysis was the most commonly used as early as 1969. Life quality index solved the economical value of life by the combination of GDP, life expectancy and the ratio of work and leisure. And the advantage of FN curves was its expression of graph, however its disadvantage was how to calculate the frequency. Now the challenges are uncertainty evaluation, probability assignment, rational value of life, distinction between objective and subjective value and environmental damage. On the basis of a summary of acceptable risk researches home and abroad, this paper prospects that the basic problem of disaster acceptable risk are theory, criteria and methodology of acceptable risk. By three different expressions of life risk, economical risk and environmental risk, this paper proposes that it is necessary to establish the principles and criteria of acceptable risk conformed to our national conditions, and promotes the integrated study on acceptable risk, so as to provide scientific bases for disaster control and risk management.

Key words: acceptable risk; disaster; methodology; criteria

本文引用格式:

尚志海, 刘希林. 可接受风险与灾害研究. 地理科学进展, 2010, 29(1): 23-30.